

Print

Mar 26, 1996

PUBN-DATE: March 26, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

COUNTRY

NAKAMURA, SADAYUKI

INT-CL (IPC): C22C 38/00; C21D 6/00; C22C 38/24; C22C 38/54; C22C 38/60

ABSTRACT:

PURPOSE: To produce a steel for induction hardening excellent in high bearing fatigue strength.

CONSTITUTION: This steel for induction hardening excellent in high bearing fatigue strength is characterized by subjecting a steel in which the contents of alloy elements are regulated to, by mass, 0.40 to 0.80% C, $\leq 3.0\%$ Si, 0.35 to 1.5% Mn, 0.10 to 3.0% Cr and 0.05 to 0.50% V, and the balance Fe with inevitable impurities to induction hardening in the temp. range of 950 to 1150°C surface temp. and thereafter cooling the same in the temp. range from the heating temp. to 200°C at $\geq 50^\circ\text{C/s}$ rate. Moreover, this steel may contain one or \geq two kinds among $\leq 3.0\%$ Ni, $\leq 1.0\%$ Mo, $\leq 0.10\%$ Nb, 0.0005 to 0.0050% B, $\leq 0.20\%$ S, $\leq 0.20\%$ Te and $\leq 0.0050\%$ Ca as well.

COPYRIGHT: (C) 1996, JPO

Go to Doc#

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-81738

(43)公開日 平成8年(1996)3月26日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z			
C 2 1 D 6/00		L 9269-4K		
		D 9269-4K		
C 2 2 C 38/24				
38/54				

審査請求 未請求 請求項の数3 書面 (全 5 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-252612

(22)出願日 平成6年(1994)9月12日

(71)出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72)発明者 瓜田 龍実

愛知県東海市加木屋町南鹿持18番地

(72)発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094番地

(54)【発明の名称】 高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼

(57)【要約】

【目的】高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼を提供する。

【構成】合金元素の含有率が質量%で、C:0.40~0.80%、Si:3.0%以下、Mn:0.35~1.5%、Cr:0.10~3.0%、V:0.05~0.50%であり、残部Feおよび不可避免的不純物からなる鋼を表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却することを特徴とする高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼。さらにNi:3.0%以下、Mo:1.0%以下、Nb:0.10%以下、B:0.0005~0.0050%、S:0.20%以下、Te:0.20%以下、Ca:0.0050%以下のうち1種または2種以上を含むことができる。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】合金元素の含有率が質量%で、

C : 0.40~0.80%、

Si : 3.0%以下

Mn : 0.35~1.5%、

Cr : 0.10~3.0%、

V : 0.05~0.50%であり、残部Feおよび不可避免的不純物からなる鋼を表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却すること

を特徴とする高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼。

【請求項2】請求項1の合金元素に加えて、質量%で、

Ni : 3.0%以下、

Mo : 1.0%以下、

Nb : 0.10%以下

B : 0.0005~0.0050%のうち1種または2種以上の元素を添加した鋼を表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却す

ることを特徴とする高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼。

【請求項3】請求項1または2記載の合金元素に加えて、質量%で、

S : 0.20%以下、

Te : 0.20%以下、

Ca : 0.0050%以下のうち1種または2種以上の被削性向上元素を添加した鋼を表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却す

ることを特徴とする高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】 【産業上の利用分野】本発明は、耐摩耗性と面圧疲労強度に優れた高周波焼入れして用いる鋼に関する。

【0002】

【従来の技術】これまで耐摩耗性と面圧疲労強度が要求される転動体部品または転動部位には、SUJ2に代表される軸受鋼やSCr420、SCM420などに代表される浸炭鋼が用いられてきた。高周波焼入れに用いられる炭素鋼は、一般的に軸受け鋼や浸炭鋼に比べて転動寿命が低く、耐摩耗性と面圧疲労強度が高いレベルで要求される部品には不適当であった。

【0003】ところが、高周波焼入れした部位をそのまま軸受けとして用いる転動体部品が最近増加してきた。また省エネルギー、インライン化のニーズにより従来は浸炭焼入材により製造されていた部品が、高周波焼入にて製造されるようになってきた。これにともない、耐摩耗性と面圧疲労強度および被削性に優れた高周波焼入用

2

鋼の要求が増してきた。

【0004】高周波焼入用鋼の耐摩耗性と面圧疲労強度を向上させるためには、高周波焼入れ後の表面硬さを高めるC量を増加させるのが最も有効であるが、C量は鋼の共析点である0.80%の添加が限界で、0.80%以上添加してもむしろ表面硬さが低下し、強度向上の低下を招く。またC量が高ければ素材状態における硬さを高め、被削性を損なうなどの弊害をもたらす。またO含有率の低減やSi、Crの添加なども検討されているが、耐摩耗性と面圧疲労強度を大幅に向上するには至らなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記のような事情を背景としてなされたもので、本発明の目的とするところは、耐摩耗性と面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は種々の合金元素について検討した結果、高周波焼入材の耐摩耗性と面圧疲労強度を向上には、高周波焼入層部に過飽和に固溶したVが極めて有効に作用することを見出した。この理由は、過飽和に固溶したVが非常に大きな焼もどし軟化抵抗性を示すことによる。高周波焼入れがVの有効利用に有利な点は、比較的短時間で高温加熱が可能であるためオーステナイト結晶粒の粗大化を招くことなく、マトリックス中へのVの固溶をほぼ完全にすることができる点と加熱後、水または溶媒により急速に冷却されるため冷却過程でのV炭窒化物の析出を抑制でき、Vをマトリックス中に過飽和に固溶することができるためである。

【0007】さらに高周波焼入れの適正条件を検討した結果、Vがほぼ完全固溶する表面温度は950℃~1150℃の温度範囲であり、加熱後の温度から200℃までの範囲を50℃/s以上の速さで冷却するとV炭窒化物の析出を大部分抑制できることを発見した。

【0008】すなわち、本発明の耐摩耗性と面圧疲労強度に優れた高周波焼入鋼は、合金元素の含有率が質量%で、C : 0.40~0.80%、Mn : 0.35~1.5%、Si : 3.0%以下

Cr : 0.10~3.0%、V : 0.05~0.5%であり、残部Feおよび不可避免的不純物からなる鋼を表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却することを特徴とする高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼。

【0009】また、上記の合金元素に加えて、質量%で、Ni : 3.0%以下、Mo : 1.0%以下、Nb : 0.10%以下

B : 0.0005~0.0050%のうち1種または2種以上を含むことができる。

【0010】また、上記の合金元素に加えて、質量%

3

で、S : 0.20%以下、Te : 0.20%以下、Ca : 0.0050%以下のうち1種または2種以上の被削性向上元素を含むことができる。

【0011】以下に各合金成分の限定理由について説明する。

C : 0.40~0.80%

Cは高周波焼入れ後、鋼の強度を保持するために必須の元素であり、高周波焼入れ後の表面硬さを維持するために0.40%以上添加する必要がある。しかし、その含有率が0.80%の共析点を超えて添加するとむしろ表面硬さが低下し、強度向上の劣化を招く。また初析セメンタイトが生成して靱性に損なうばかりでなく、素材状態における材料硬さを高め、被削性を損なうなどの弊害をもたらすので、C含有率の上限を0.80%とする。

【0012】Si : 3.0%以下

Siは、鋼に焼もどし軟化抵抗を与えるため添加する。しかし、過剰に添加してもその効果が飽和するのみならず、鍛造性および被削性を損なうなどの不都合をもたらすので、Si含有率の上限を3.0%とする。

【0013】Mn : 0.35~1.5%

Mnは鋼の熱間加工性を高め、焼入性を確保するために0.35%以上添加する。しかし、過剰に添加すると素材の被削性を損なうのでMnの含有率の上限を1.5%とする。

【0014】Cr : 0.10~3.0%

Crは鋼の焼入性を増し、軟化抵抗を高める元素なので0.10%以上添加するが、過剰に添加してもその効果は飽和し、いたずらにコストを高めるのみなので、含有率の上限を3.0%とした。

【0015】V : 0.05~0.50%

Vは本発明において重要な役割をもつ元素で、Vが高周波加熱によりほぼ完全にオーステナイト中に固溶しかつ急速冷却によりVがマトリックス中に過飽和に固溶する場合、鋼の焼もどし軟化抵抗を著しく高める効果をもつ。これらの効果を発揮するためには、V含有率0.05%以上を必要とする。しかし、過剰に添加してもその効果は飽和するので上限を0.50%とする。またVの効果を発揮させるための高周波焼入れ条件としては、被加熱材の表面温度が950~1150℃の温度範囲で高周波加熱した後、加熱温度から200℃までを50℃/s以上の速さで冷却することを必要とする。

【0016】Ni : 3.0%以下

Mo : 1.0%以下

Nb : 0.10%以下

B : 0.0005~0.0050%

4

Ni、MoおよびNbは、硬化層部の靱性を高め、硬化層深さを深める元素なので、それぞれ3.0%以下、1.0%以下および0.10%以下で単独に、または複合添加してもよい。またBは素材での鋼の硬さの上昇を招くことなく、硬化層深さを深める唯一の元素である。B効果の最も安定する0.0005~0.0050%の範囲で単独に、または他元素と複合添加してもよい。

【0017】S : 0.20%以下、Te : 0.20%以下、Ca : 0.0050%以下

被削性を特に高めたい場合に添加する元素であって、S、TeおよびCaをそれぞれ0.20%以下、0.20%以下および0.0050%以下の範囲で単独に、または複合添加してもよい。ただしこれ以上添加すると機械的性質が劣化するので上限を定めた。

【0018】表面の加熱温度が950~1150℃の温度範囲での高周波加熱および加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却する。高周波焼入れにより表層部がマルテンサイト化して硬化することおよび表面に大きな圧縮残留応力が導入され面圧疲労強度に優れた部品が得られる点は従来より利用されてきた高周波焼入れの効果である。

【0019】この効果に加え、本発明においてはVの効果を発揮させるために以下の点に留意する必要がある。すなわちVの焼もどし軟化抵抗を高める効果を得るためには、高周波加熱によりV炭素化合物をほぼ完全にオーステナイト中に固溶させかつ急速冷却によりVがマトリックス中に過飽和に固溶した状態を得る。そこでV炭素化合物をほぼ完全固溶させるための加熱温度の下限値を950℃に定めた。またオーバーヒートの防止のため上限を1150℃に定めた。また過飽和なVを増加させるために、冷却中にV炭素化合物の析出を極力少なくする必要がある。そのために、加熱温度から200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却する必要がある。

【0020】

【実施例】表1に示す化学組成をもつ熱間圧延鋼材から、試験部直径12.3mmのラジアル型転動疲労試験片を削り出し、表2に示す条件で高周波焼入れ焼戻し処理した。また高周波焼入れの比較として、比較例4のみ表2に示す条件で焼入れ焼戻し処理をした。処理後、表面研削を行い試験部直径12mmの転動試験片を作製した。転動試験はラジアル型転動疲労試験により、SUJ2製ボールを用いて面圧5880MPaにて試験を実施した。試験結果を表3に示す。

【0021】

【表1】

5

6

区分	化学成分 (質量%)												その他元素
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Fe-Al		
実施例1	0.77	0.24	0.38	0.013	0.016	0.04	0.05	0.21	0.01	0.10	0.024	-	-
実施例2	0.70	0.25	1.20	0.011	0.013	0.05	0.05	0.11	0.01	0.30	0.028	-	-
実施例3	0.55	0.25	0.70	0.015	0.016	0.06	0.05	0.30	0.01	0.10	0.027	-	-
実施例4	0.55	0.50	0.60	0.010	0.015	0.05	0.05	0.31	0.01	0.15	0.021	-	-
実施例5	0.48	1.50	0.50	0.008	0.016	0.04	0.05	0.30	0.01	0.20	0.028	-	-
実施例6	0.55	0.51	0.42	0.018	0.016	0.05	0.05	2.01	0.02	0.12	0.022	-	-
実施例7	0.53	0.25	0.40	0.015	0.014	0.05	1.50	0.32	0.01	0.20	0.028	-	-
実施例8	0.55	2.52	0.44	0.013	0.016	0.06	0.03	0.26	0.62	0.18	0.021	-	-
実施例9	0.55	0.51	0.57	0.013	0.017	0.05	0.05	0.24	<0.01	0.15	0.027	Nb:0.04	-
実施例10	0.56	0.25	0.65	0.010	0.012	0.08	0.05	0.31	0.01	0.26	0.021	B:0.0014	-
実施例11	0.70	0.50	0.52	0.017	0.102	0.04	0.05	0.14	<0.01	0.22	0.021	Te:0.05	-
実施例12	0.75	1.10	0.40	0.013	0.016	0.05	0.06	0.30	0.01	0.31	0.021	Ca:0.0018	-
比較例1	0.54	0.48	0.58	0.012	0.014	0.06	0.08	0.28	<0.01	<0.01	0.021	-	-
比較例2	0.55	0.50	0.60	0.010	0.015	0.05	0.05	0.31	0.01	0.15	0.021	-	-
比較例3	0.55	0.50	0.60	0.010	0.015	0.05	0.05	0.31	0.01	0.15	0.021	-	-
比較例4	0.55	0.50	0.60	0.010	0.015	0.05	0.05	0.31	0.01	0.15	0.021	-	-
比較例5	0.55	0.50	0.60	0.010	0.015	0.05	0.05	0.31	0.01	0.15	0.021	-	-
比較例6	0.20	0.24	0.74	0.015	0.018	0.07	0.11	0.15	0.19	<0.01	0.022	-	-

【0022】

20【表2】

表2 高周波加熱条件と焼入焼戻し条件

高周波加熱条件	周波数: 100kHz 方式: 定置焼入れ 加熱時間: 2.5s 電圧: 8.5kV 冷却: 水または油 焼戻し: 160℃X1時間
焼入れ焼戻し	加熱時間: 830℃X0.5時間 焼戻し: 160℃X1時間

【0023】

【表3】

区分	熱処理	加熱温度 (℃)	冷却速度 (℃/s)	L ₁₀ 寿命 (×10 ⁷)
実施例1	高周波焼入れ	960	500	38
実施例2	高周波焼入れ	1000	500	>50
実施例3	高周波焼入れ	1000	500	29
実施例4	高周波焼入れ	1000	500	>50
実施例5	高周波焼入れ	1100	100	>50
実施例6	高周波焼入れ	1000	500	>50
実施例7	高周波焼入れ	1000	60	>50
実施例8	高周波焼入れ	1100	100	>50
実施例9	高周波焼入れ	1000	200	>50
実施例10	高周波焼入れ	1000	100	>50
実施例11	高周波焼入れ	960	500	33
実施例12	高周波焼入れ	1000	500	42
比較例1	高周波焼入れ	1000	500	2.8
比較例2	高周波焼入れ	920	500	15
比較例3	高周波焼入れ	1200	500	0.5
比較例4	高周波焼入れ	1000	40	11
比較例5	焼入れ焼戻し	830	60	7
比較例6	浸炭焼入れ	925	40	35

【0024】表3から明らかなようにVを添加し、高周波加熱により表面温度が950～1150℃になり、その後200℃までの温度範囲を50℃/s以上の速さで冷却された本発明の実施例1～12は転動疲労試験における累積破損確率10% (L₁₀) が著しい向上を示しているのがわかる。

【0025】これに対して、実施例4よりVを除いた化学成分を有する比較例1はL₁₀寿命が低い。

【0026】比較例2～5は実施例3と同じ成分材であるものの、比較例2は高周波加熱温度が920℃とクレーム範囲より低い場合、比較例3は1200℃と高い場合である。比較例2ではVの固溶が不十分なため、比較例3ではオーバーヒートによる組織の粗大化によりL₁₀寿命が低い。

【0027】比較例4は高周波加熱であるものの油冷却

で冷却速度が遅い場合である。適正な冷却速度に比べV炭窒化物の析出量が多いため、L₁₀寿命が低い。

【0028】比較例5は、炉加熱による焼入焼戻し処理材である。L₁₀寿命が低くなるのは、V炭窒化物の固溶が不完全となるためと疲労亀裂の発生と伝播を抑制する圧縮残留応力が焼入れ焼戻し材では小さいためと考えられる。

【0029】比較例6は、従来より転動体部品に用いられてきたSCM420浸炭鋼の例である。L₁₀寿命は35×10⁷であり実施例1～12の発明鋼は同等もしくはそれ以上の転動寿命をもつことがわかる。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、固有の合金元素の選択と適正は高周波焼入れ条件の選択によって、高面圧疲労強度に優れた高周波焼入用鋼を提供することができる。

フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁶

C22C 38/60

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所